

نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران

شناسه دیجیتال (DOI):

10.22092/ijmapr.2021.343115.2799

جلد ۳۷، شماره ۱، صفحه ۲۹-۱۳ (۱۴۰۰)

شناسه دیجیتال (DOR):

98.1000/1735-0905.1400.37.13.105.1.1605.1610

مطالعه کارایی مصرف نور و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تحت تأثیر کود گاوی و شیمیایی

مهدی نقی‌زاده^{۱*} و روح‌اله مرادی^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پست الکترونیک: naghizadeh@uk.ac.ir

۲- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۹

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی پتانسیل کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.) و بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) جهت بهبود کارایی مصرف نور به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها شامل کود در چهار سطح (۱- شاهد، ۲- NPK: ۶۹، ۴۶ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار، ۳- کود گاوی: ۲۰ تن در هکتار و ۴- ترکیب NPK با کود گاوی به میزان نصف از هر کدام) و الگوی کاشت در سه سطح (۱- کشت خالص اسطوخودوس، ۲- کشت خالص بابونه و ۳- کشت مخلوط افزایشی دو گیاه اسطوخودوس (گیاه اصلی) و بابونه (گیاه همراه)) بود. نتایج نشان داد که مجموع شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت مخلوط به طور معنی‌داری بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه بود. استفاده توأم کود گاوی + NPK بالاترین میزان ماده خشک اسطوخودوس (۸۶۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد گل بابونه (۳۶۶ کیلوگرم در هکتار)، درصد اسانس بابونه (۵۶٪) و اسطوخودوس (۸۰٪) و تشعشع جذبی (۱۳۲۱ مگاژول در مترمربع) را در تمامی الگوهای کاشت دارا بود. اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کشت از نظر درصد اسانس مشاهده نشد. به دلیل هم‌پوشانی کانوپی دو گیاه در الگوی کشت مخلوط، میزان تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده طی فصل رشد در تیمار کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص دو گیاه بود. نسبت برابری زمین (LER) بر حسب تشعشع در تیمارهای کودی بین ۱/۳۳ تا ۱/۳۷ متغیر بود. بالاترین میزان کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم ماده خشک بر مگاژول تشعشع) برای بابونه در کشت مخلوط در تیمار کود گاوی + NPK حاصل شد. به طور کلی، نتایج تأیید نمود که استفاده از تیمار کود گاوی + NPK و کشت مخلوط دو گیاه می‌تواند راه‌کار مناسبی برای استفاده کاراتر از نور و بهبود عملکرد کمی و کیفی دو گیاه باشد.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، نسبت برابری زمین، جذب نسبی، شاخص سطح برگ.

مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده‌های حاصل از آنها روند رو به رشدی داشته و این موضوع نقش این گیاهان را در چرخه اقتصادی جهان پررنگ‌تر کرده است. صرف‌نظر از اهمیت و جایگاه اقتصادی گیاهان دارویی، این گیاهان قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند که تمایل تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها را به همراه دارد (Moradi et al., 2011). در تولید گیاهان دارویی، علاوه بر شرایط آب و هوایی، عوامل خاک و نوع عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد، زیرا عناصر غذایی با تأثیری که بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارند بر کمیت و کیفیت عملکرد و مواد مؤثره محصول تأثیرگذار هستند (Rezaei et al., 2019). از فاکتورهای اساسی افزایش عناصر غذایی خاک و در نتیجه عملکرد گیاهان، مصرف نهاده‌ها به‌ویژه کودهای شیمیایی است. اما امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی توجه بیشتری به کودهای آلی و زیستی برای جایگزینی کودهای شیمیایی شده است (Wu et al., 2004). با توجه به کمبود میزان ماده آلی خاک در بیشتر مناطق ایران، مصرف کودهای آلی و نیز مدیریت تلفیقی این کودها، می‌باید در تولید گیاهان دارویی به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. کود دامی دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری آب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند فسفر، نیتروژن و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Rezaei et al., 2019).

نور نیز جزء یکی از مهمترین منابع مصرفی در رشد و نمو گیاهان می‌باشد. بین وزن خشک تولیدی گیاه با میزان نور جذب شده، به‌ویژه تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده یک رابطه خطی وجود دارد (Ceotto & Castelli, 2002). مدیریت‌های مختلف زراعی می‌تواند کارایی مصرف نور را تحت تأثیر قرار دهد. کشت مخلوط یکی از راهکارهای زراعی برای افزایش جذب و مصرف نور است که منجر به

بهبود تولید محصولات زراعی و افزایش عملکرد اقتصادی می‌شود. در کشت خالص گیاه همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود. مقدار این تلفات در کشت مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته، در نتیجه میزان جذب تشعشع کل به نسبت کشت خالص بیشتر می‌شود (Yousef et al., 2015). البته بهبود کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در مطالعات مختلفی تأیید شده است (Moradi et al., 2017؛ Naghipoor Dehkordi et al., 2016؛ Ahmadi et al., 2011؛ Awal et al., 2006؛ Zhang et al., 2008؛ Alizadeh et al., 2010).

بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) گیاهی یک‌ساله از خانواده کاسنی (Asteraceae) و یکی از قدیمی‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی شناخته شده در جهان می‌باشد که از لحاظ صنعتی-دارویی، سرشاخه‌های گلدار آن مورد توجه است (Arazmjo et al., 2010). این گیاه در سطح جهان دامنه اکولوژیکی وسیعی داشته و بومی اروپا است و در ایران در برخی مناطق شمال کشور و همچنین در جنوب در شوشتر به‌طور خودرو دیده می‌شود و در لرستان، خوزستان، شیراز و اطراف تهران کشت و کار می‌شود (Rahimi-Kalamroodi, 2017). بابونه دارای اسانسی است که در طب گیاهی در سنتز داروهای گیاهی تقویت‌کننده سیستم گوارشی، رفع زخم‌معدده، رفع نفخ، اشتهاآور، هضم‌کننده غذا، ضد تشنج، ضد اسهال، رفع کم‌خوابی و التیام دهنده زخم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Libster, 2008).

اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) گیاهی است متعلق به خانواده نعناع، چندساله، همیشه سبز و بومی اروپا که در ایران به صورت خودرو رشد نمی‌کند (Khorasaninejad et al., 2016). کشت این گیاه معمولاً به صورت نشائی انجام شده و ارتفاع آن به ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد (Tonutti & Liddle, 2010). دوران گلدهی با توجه به شرایط محیطی و آب و هوایی منطقه از اواخر بهار در مناطق گرم تا شهریورماه در مناطق سردتر

(به‌عنوان گیاه اصلی) و بابونه (به‌عنوان گیاه همراه) در حضور منابع کود شیمیایی و گاوی در شرایط آب و هوایی بردسیر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر واقع در ۵۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر کرمان با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۸۰ متری از سطح دریا اجرا شد. میانگین دمای سالیانه برای این شهرستان ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه ۱۰۸ میلی‌متر می‌باشد. این شهرستان براساس تقسیم‌بندی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد بررسی در طول دوره رشد در جدول ۱ نشان داده شده است.

گزارش شده است (Hadipour et al., 2013). علاوه بر استفاده‌های دارویی این گیاه از قبیل درمان بیماری‌های پوست، اختلالات گوارشی و درمان رماتیسم (Jafarnia et al., 2011) در زیباسازی فضای سبز (Omidbeigi, 2006)، عطرسازی، لوازم بهداشتی و آرایشی، صنایع غذایی، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست (Tonutti & Liddle, 2010) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شواهد نشان داده است که در مناطقی مانند شهرستان بردسیر کرمان که زمستان‌های بسیار سردی دارند، گیاه اسطوخودوس در سال اول و حتی دوم رشد، دوره رشد کند و شاخص سطح برگ پایینی دارد. این موضوع باعث می‌شود که بخش زیادی از زمین بدون پوشش گیاهی شود و همواره مقدار زیادی تشعشع خورشیدی از دست برود. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط افزایشی اسطوخودوس

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی منطقه مورد بررسی در طول فصل رشد (۲۵ اسفند تا ۲۵ شهریور)

دمای حداقل	دمای حداکثر	میانگین دما	مجموع بارندگی	مجموع تشعشع
(°C)	(°C)	(°C)	(mm)	(Mj m ⁻²)
-۲/۹۵	۳۵/۴۷	۲۰/۵۲	۳۲/۳۵	۴۳۴۷

بود. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش برداشت و برای تعیین عناصر غذایی پرمصرف و pH به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. پس از انجام شخم و تسطیح، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر ایجاد و پس از تصادفی کردن تیمارها، کود دامی و شیمیایی مورد استفاده براساس تیمارهای مورد نظر به زمین داده شد و تا عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط گردید. برای کشت خالص اسطوخودوس (توده محلی کرمان) تعداد ۸ ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Hadipour et al., 2013).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل منابع کودی در چهار سطح (۱- شاهد، ۲- NPK به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۴۶٪ نیتروژن خالص)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (۴۶٪ فسفر خالص) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۵۰٪ پتاسیم خالص)، ۳- کود گاوی پوسیده به میزان ۲۰ تن در هکتار و ۴- ترکیب NPK با کود گاوی به میزان نصف از هر کدام) و الگوی کاشت نیز در ۳ سطح (کشت خالص اسطوخودوس، کشت خالص بابونه و کشت مخلوط افزایشی دو گیاه اسطوخودوس (گیاه اصلی) و بابونه (گیاه همراه)) بود. زمین محل اجرای آزمایش، در سال زراعی قبل آیش

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مزرعه و کود گاوی مورد استفاده

نمونه	بافت	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته
خاک	لومی-شنی	۰/۰۷۵	۱۴/۵	۲۲۵	۰/۳۱	۱/۱۷	۷/۴۴
کود گاوی	-	۱/۰۸	۳۲۴	۵۷۷	۲۳/۴۱	۶/۶۲	۸/۱۹

رابطه ۱

$$y=a+b \times 4 \times (\exp(-(x-c)/d)) / (1+\exp(-(x-c)/d))^2$$

که در این رابطه a: عرض از مبدأ، b: حداکثر LAI، c: زمان رسیدن به حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ از مرحله خطی وارد مرحله نمایی می‌شود.

ضریب استهلاک نوری (K)

میزان نور بالا و پائین کانوی همزمان با نمونه برداری‌های سطح برگ و وزن خشک توسط دستگاه سیتومتر خطی (SunScan, Delta T Co., UK) در فاصله ساعات ۱۱ تا ۱۳ انجام شد. سپس با توجه به رابطه ۲ ضریب خاموشی نور تعیین شد (Keating & Carberry, 1993).

$$I_i/I_0 = \exp(-k \times LAI) \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله، I_i: میزان تشعشع رسیده به پایین کانوی، I₀: مقدار تشعشع در بالای کانوی، K: ضریب استهلاک نوری و LAI: شاخص سطح برگ می‌باشد.

تشعشع جذبی و کارایی مصرف نور

میزان تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی بردسیر از سایت اقلیم‌شناسی ناسا (NASA, 2019) استخراج و ۵۰٪ آن به عنوان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در نظر گرفته شد. سپس میزان تشعشع روزانه جذب شده

بذر اسطوخودوس در ۲ بهمن‌ماه در گلخانه دانشکده کشت و نشاء آن در تاریخ ۲۵ اسفند با دارا بودن ارتفاع ۵ سانتی‌متر به زمین اصلی منتقل شد. کشت خالص بذر بابونه (رقم بودگولد) نیز روی ردیف‌هایی (۱۶ ردیف در هر کرت) با فاصله بین ردیف ۲۵ و روی ردیف ۷ سانتی‌متر (Tasdighi et al., 2015) در ۲۵ اسفند به صورت کپه‌ای انجام و با استقرار بوته‌ها عملیات تنک کردن انجام شد. در کشت مخلوط، گیاه اسطوخودوس با تراکم کشت خالص کاشته شد و بین ردیف‌های آن بابونه به صورت کشت افزایشی با تراکم ۵۰٪ (حذف نصف ردیف‌های کاشت بابونه نسبت به کشت خالص) اضافه گردید. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یک‌بار به صورت نشتی و مبارزه با علف هرز توسط وجین دستی در ۳ نوبت انجام شد.

اندازه‌گیری‌ها

از تاریخ ۲۰ فروردین، هر ۱۰ روز یک‌بار برای بابونه با برداشت ۴ بوته و هر ۲۰ روز یک‌بار برای اسطوخودوس با برداشت ۲ بوته نمونه برداری تخریبی به منظور اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک کل انجام گردید. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از دستگاه Leaf Area Meter مدل Licor استفاده شد.

برازش شاخص برگ روزانه

برآورد مقادیر LAI روزانه از طریق برازش رابطه ۱ بدست آمد (Nassiri Mahallati et al., 2010):

نتایج

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر الگوی کاشت و نوع کود مصرفی بر عملکرد ماده خشک اسطوخودوس و گل بابونه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی برهم‌کنش این دو تیمار اثر معنی‌داری بر آنها نداشت (جدول ۳). میزان عملکرد ماده خشک اسطوخودوس و گل بابونه در کشت خالص به ترتیب حدود ۱۹٪ و ۴۱٪ بیشتر از کشت مخلوط بود (جدول ۴). بیشترین ماده خشک اسطوخودوس (۸۶۸ کیلوگرم در هکتار) و گل بابونه (۳۶۶ کیلوگرم در هکتار) در زمان استفاده از مخلوط NPK+ کود دامی حاصل شد که در هر دو گیاه کود دامی در رتبه بعدی قرار داشت. البته میزان این صفات در شرایط عدم کوددهی به‌طور معنی‌داری کمتر از دیگر تیمارهای کودی بودند.

درصد و عملکرد اسانس

درصد اسانس تنها تحت تأثیر تیمار کودی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت. در حالی‌که اثرهای ساده الگوی کاشت و نوع کود مصرفی بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس در هر دو گیاه در تیمار کودی NPK+ کود دامی حاصل شد که به ترتیب باعث افزایش ۱۰ و ۱۲ درصدی این شاخص نسبت به عدم کوددهی در اسطوخودوس و بابونه گردید (جدول ۴). در هر دو گیاه اختلاف معنی‌داری بین کود شیمیایی و دامی از نظر درصد اسانس مشاهده نشد. عملکرد اسانس هر دو گیاه در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بود. به طوری که کلیه تیمارهای کودی مورد بررسی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس اسطوخودوس و بابونه نسبت به عدم کوددهی شدند. بیشترین میزان آن در استفاده همزمان NPK+ کود دامی مشاهده شد که افزایش ۶۰ و ۶۵ درصدی را نسبت به تیمار کنترل به ترتیب در اسطوخودوس و بابونه نشان داد.

برای هر دو گونه براساس رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2005).

$$I_{abs} = I_0 (1 - e^{((-K_b \cdot LAI_b) + (-K_c \cdot LAI_c))} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$I_b = I_{abs} \frac{(-K_b \cdot LAI_b)}{(-K_b \cdot LAI_b) + (-K_c \cdot LAI_c)} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$I_c = I_{abs} - I_b \quad \text{رابطه ۵}$$

I_0 میزان تشعشع در بالای کانوپی؛ I_{abs} نور جذب شده توسط کانوپی مخلوط؛ I_b نور جذب شده توسط گیاه اسطوخودوس؛ I_c نور جذب شده توسط گیاه بابونه؛ LAI_b و LAI_c به ترتیب شاخص سطح برگ اسطوخودوس و بابونه و K_b و K_c به ترتیب ضریب خاموشی نور اسطوخودوس و بابونه است.

در نهایت با بدست آوردن میزان نور جذب شده توسط هر گیاه و رسم معادله رگرسیونی ساده بین نور جذب شده و ماده خشک، کارایی مصرف نور (که شیب این معادله می‌باشد) بدست آمد.

همچنین نسبت برابری زمین برای PAR جذب شده (LER_{PAR}) از طریق رابطه ۶ بدست آمد (Moradi *et al.*, 2017).

$$LER_{PAR} = \sum \frac{PAR_{i,m}}{PAR_{i,s}} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این معادله، $PAR_{i,m}$ و $PAR_{i,s}$ به ترتیب تشعشع جذب شده توسط گونه‌ها در کشت مخلوط و خالص می‌باشد.

برای تعیین درصد اسانس از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر استفاده شد (Clevenger, 1928).

داده‌های حاصل از آزمایش براساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ برای مقایسه میانگین استفاده شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در گیاه بابونه تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی

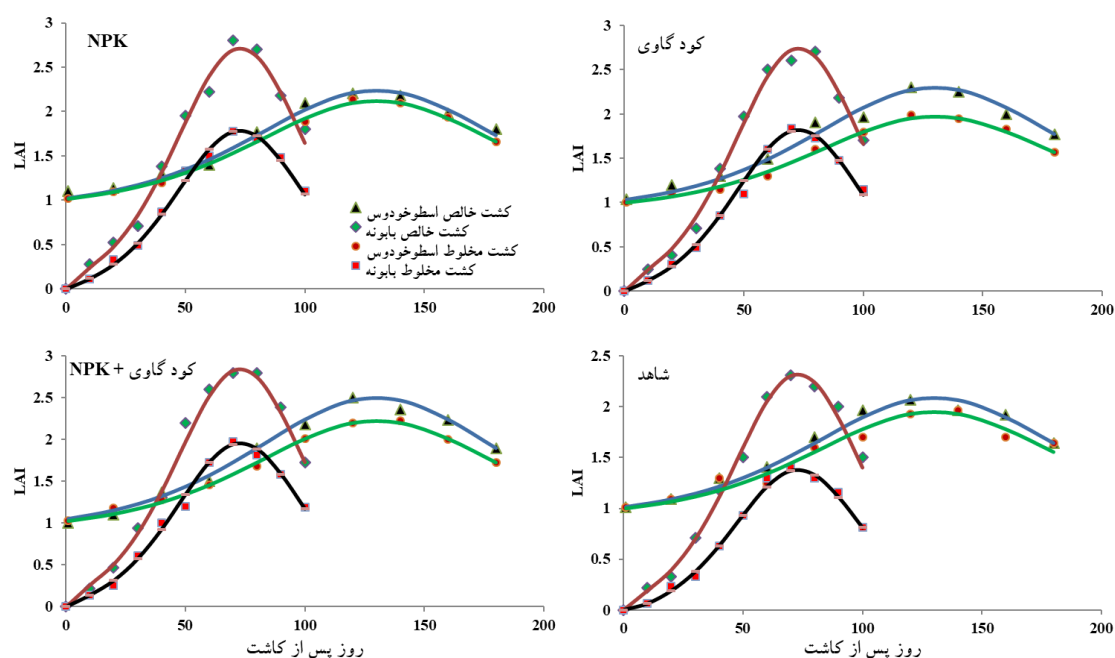
کارایی مصرف نور	تشعشع جذبی	ضریب خاموشی	حداکثر LAI	عملکرد اسانس	درصد اسانس	وزن خشک گل	ماده خشک	درجه آزادی	منابع تغییر
۳/۰۳**	۳۵۵۵۷۸۳**	۰/۰۰۳ns	۵/۱۰**	۳۹۳۱۶**	۰/۰۰۳ns	۱۴۶۸۰۳**	۱۳۴۸۰۵۵**	۱	الگوی کاشت (PP)
۰/۸۶**	۹۷۵۳*	۰/۰۰۲ns	۰/۳۴۲**	۶۵۱۹**	۰/۰۵**	۱۲۸۱۸**	۱۱۷۷۱۱**	۳	بابونه نوع کود (FT)
۰/۰۲۴*	۹۹۶۸*	۰/۰۰۸ns	۰/۰۰۰۸ns	۲۲۶ns	۰/۰۰۳ns	۲۹۸ns	۲۷۳۷ns	۳	PP×FT
۰/۰۴	۱۸۶۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳۱	۲۹۵	۰/۰۰۷	۱۴۱۷	۳۳۶۷	۱۶	اشتباه
-	۷/۵۹**	۵۲۱۳۴**	۰/۰۰۳ns	۲/۷۴**	۸۱۳۴۶**	۰/۰۰۳ns	۱۵۱۲۰۹**	۱	الگوی کاشت (PP)
-	۳/۵۸**	۱۹۱۰۲*	۰/۰۰۱ns	۳/۷۲**	۸۰۴۵۴**	۰/۰۰۶**	۹۶۳۱۱**	۳	اسطوخودوس نوع کود (FT)
-	۰/۰۵*	۱۶۳۲۴*	۰/۰۰۴ns	۰/۰۴۸ns	۱۲۰۰ns	۰/۰۰۴ns	۹۹۸ns	۳	PP×FT
-	۰/۰۱	۴۵۵۵	۰/۰۰۹	۰/۰۸	۵۳۲	۰/۰۱	۱۴۴۸	۱۶	اشتباه

** و * بدترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می دهد.

جدول ۴- تأثیر الگوی کاشت و نوع کود بر برخی صفات دو گیاه اسطوخودوس و بابونه

صفات	اسطوخودوس		بابونه		تیمار
	عملکرد اسانس (g ha ⁻¹)	درصد خشک (kg ha ⁻¹)	عملکرد گل (kg ha ⁻¹)	درصد عملکرد اسانس (g ha ⁻¹)	
الگوی کاشت	۶۴۱a	۸۳۲a	۳۸۹a	۰/۵۳a	خالص
	۵۲۴b	۶۷۴b	۲۳۱b	۰/۵۳a	مخلوط
نوع کود	۵۵۴b	۷۱۰b	۳۰۲b	۰/۵۴a	NPK
	۶۴۹a	۸۴۰a	۳۱۸b	۰/۵۳ab	کود گاوی
	۶۹۴a	۸۶۸a	۳۶۶a	۰/۵۶a	NPK+ کود گاوی
	۴۳۳c	۵۹۳c	۲۵۴c	۰/۵۰b	شاهد

در هر تیمار، ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) اسطوخودوس و بابونه در الگوهای مختلف کاشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

شاخص سطح برگ

میزان شاخص سطح برگ دو گیاه در ابتدای دوره رشد به کندی افزایش یافت و در این دوره بین شاخص سطح برگ هر گیاه در تیمارهای مختلف تفاوتی وجود نداشت،

ولی با شروع رشد سریع و با تولید برگ‌های بیشتر توسط گیاه اختلاف بین شاخص سطح برگ تیمارها قابل مشاهده بود (شکل ۱). به مرور زمان تغییرات شاخص سطح برگ با روند خطی پیش رفت و حداکثر شاخص سطح برگ برای

خالص هر دو گیاه می‌باشد.

در بین تیمارهای مورد بررسی، استفاده توأم کود گاوی + NPK بالاترین میزان شاخص سطح برگ را در همه الگوهای کاشت داشت (شکل ۱). به طوری که اختلاف قابل توجهی بین تیمار کود گاوی و کود NPK در الگوهای کشت مخلوط وجود نداشت. البته کمترین میزان شاخص سطح برگ برای کشت خالص و مخلوط هر دو گیاه در تیمار عدم کوددهی بدست آمد (شکل ۱).

ضریب استهلاک نوری

هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول ۳). میزان این شاخص برای گیاه اسطوخودوس بین ۰/۳۹ تا ۰/۴۲ متغیر بود (جدول ۵). گیاه بابونه نیز ضریب استهلاک نوری بین ۰/۴۸ تا ۰/۵۲ را دارا بود. اختلاف معنی‌دار تنها بین دو گیاه از نظر این شاخص وجود داشت و تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر ضریب استهلاک نوری دو گیاه نداشتند.

گیاه اسطوخودوس حدود ۱۲۰ و برای بابونه حدود ۷۰ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۱). پس از آن به دلیل پیری، زرد شدن و ریزش برگ‌ها این شاخص روند نزولی در پیش گرفت که این موضوع برای بابونه که یک گیاه با دوره رشد یک‌ساله می‌باشد شدیدتر بود.

در کلیه تیمارهای مورد بررسی کانویی هر گیاه در کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی دارای شاخص سطح برگ پایین‌تری بود (شکل ۱). این اختلاف در گیاه بابونه بیشتر مشهود بود و در گیاه اسطوخودوس اختلاف بین کشت خالص و مخلوط کمتر بود. این موضوع به این دلیل بود که در این الگوی کاشت، اسطوخودوس گیاه اصلی بود و از آنجا که در کشت مخلوط تراکم آن کاهش نیافته بود کمتر تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت. گیاه بابونه چون در کشت مخلوط افزایشی به گیاه اسطوخودوس اضافه می‌شد و در بین ردیف‌های این گیاه کاشته می‌شد، تراکم آن در واحد سطح کاهش یافت و این موضوع اصلی‌ترین دلیل کاهش شاخص سطح برگ بابونه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن بود. با وجود این اگر مجموع شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت مخلوط در نظر گرفته شود، بالاتر از کشت

جدول ۵- ضریب استهلاک نوری گیاه اسطوخودوس و بابونه در تیمارهای مورد بررسی

شاهد	کود			تیمار
	NPK + کود گاوی	کود گاوی	NPK	
۰/۴۰b	۰/۳۹b	۰/۴۱b	۰/۴۱b	خالص اسطوخودوس
۰/۵۰a	۰/۵۲a	۰/۴۸a	۰/۴۹a	خالص بابونه
۰/۴۱b	۰/۴۱b	۰/۴۱b	۰/۳۹b	مخلوط اسطوخودوس
۰/۴۹a	۰/۴۸a	۰/۴۹a	۰/۵۰a	مخلوط بابونه

اعداد دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

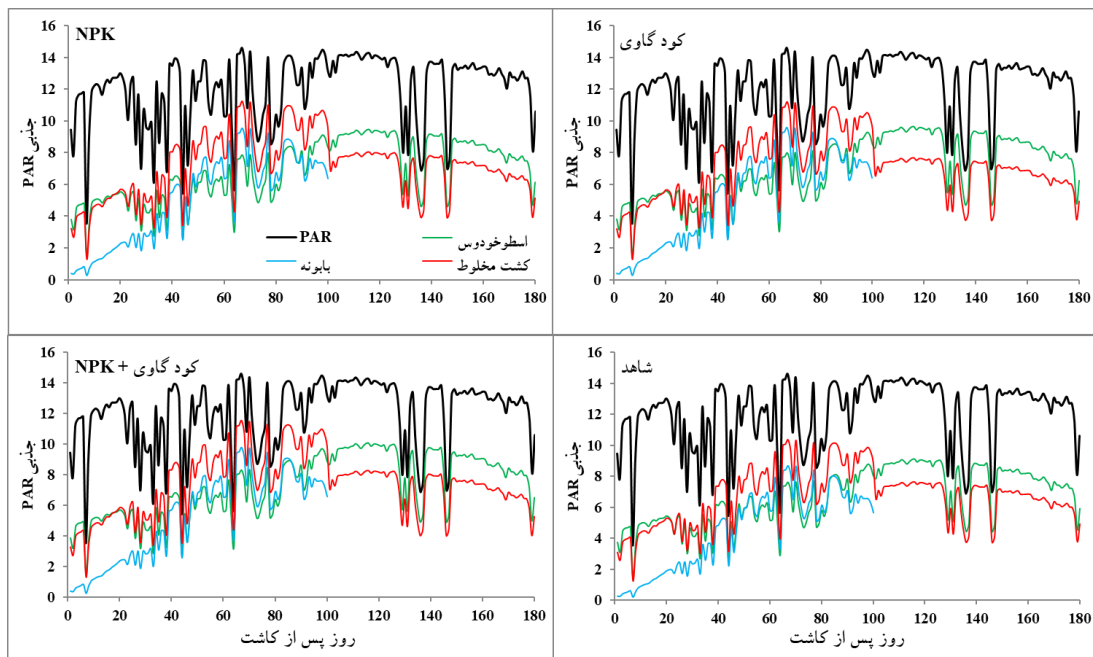
تشعشع جذبی

بابونه رشد کمی داشته و تأثیر چندانی بر جذب تشعشع در کشت مخلوط نداشته است. از این تاریخ به بعد تا پایان دوره رشد بابونه (حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت بابونه) به دلیل رشد گیاه بابونه، کانویی کشت مخلوط بیشترین جذب

نتایج نشان داد که تا حدود ۲۰ روز پس از کاشت گیاه بابونه، کشت خالص اسطوخودوس بالاترین میزان تشعشع جذبی را داشت (شکل ۲). زیرا در این مدت، هنوز کانویی

شاخص سطح برگ تقریباً تمام نور رسیده به سطح کانویی توسط کانویی مخلوط جذب می‌شود. کمترین روند تشعشع جذب شده نیز در تیمار عدم کوددهی مشاهده شد که از اختلاف قابل توجهی با دیگر تیمارهای کودی برخوردار بود. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از منابع کودی با گسترش سطح برگ و در نتیجه کانویی گیاه باعث افزایش جذب تشعشع می‌شود.

تشعشع را شامل شد. در کلیه تیمارهای مورد بررسی، از زمان پایان رشد گیاه بابونه، دوباره بیشترین جذب تشعشع در تک‌کشتی اسطوخودوس مشاهده شد که اختلاف قابل توجهی را با کشت مخلوط این گیاه داشت (شکل ۲). از بین تیمارهای مورد بررسی استفاده همزمان کود گاوی + کود NPK بالاترین روند تشعشع جذبی را در کلیه الگوهای کاشت دارا بود (شکل ۲). به طوری که در دوره حداکثر



شکل ۲- روند تغییرات جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) اسطوخودوس و بابونه

در الگوهای مختلف کاشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

جدول ۶- میزان کل تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده، جذب نسبی و نسبت برابری زمین بر حسب PAR (LER_{PAR}) در کشت

خالص و مخلوط اسطوخودوس و بابونه در تیمارهای مختلف کودی

LER _{PAR}	جذب نسبی		کل PAR جذبی (MJ m ⁻²)			تیمار
	بابونه	اسطوخودوس	مخلوط	بابونه	اسطوخودوس	
۱/۳۷a	۰/۷۰۷c	۰/۶۵۷a	۱۲۸۱/۷b	۵۰۳/۷b	۱۱۴۱/۴b	NPK
۱/۳۴b	۰/۷۱۵b	۰/۶۲۲c	۱۲۵۸/۴c	۵۰۶/۳b	۱۱۵۱/۲b	کود گاوی
۱/۳۷a	۰/۷۲۲a	۰/۶۳۶b	۱۳۲۱/۹a	۵۲۰/۱a	۱۲۰۷/۶a	NPK + گاوی
۱/۳۳b	۰/۶۷۱d	۰/۶۵۶a	۱۱۹۹/۴d	۴۵۰/۵c	۱۰۹۲/۳c	شاهد

در هر ستون میانگین‌های با یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

البته استفاده از کود دامی نیز میزان این شاخص را نسبت به شرایط عدم کوددهی حدود ۵٪ بهبود بخشید.

بررسی جذب نسبی تشعشع در دو گیاه (یعنی نسبت جذب تشعشع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص) نیز نشان داد که در گیاه اسطوخودوس تیمار کودی NPK (۰/۶۵۷) و عدم کوددهی (۰/۶۵۶) به طور معنی داری از میزان بالاتری جذب نسبی تشعشع نسبت به تیمارهای کود گاوی (۰/۶۲۲) و کود گاوی + NPK (۰/۶۳۶) برخوردار بودند. در رابطه با گیاه بابونه، بیشترین میزان این شاخص در تیمار کود دامی + NPK حاصل شد که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها داشت. استفاده از کود دامی و پس از آن کود NPK در رتبه بعدی جذب نسبی تشعشع قرار داشتند. تیمار عدم کاربرد کود نیز به طور معنی داری کمترین میزان جذب نسبی تشعشع را دارا بود (جدول ۶).

بررسی نسبت برابری زمین برای تشعشع جذبی (LER_{PAR}) نیز بهبود جذب تشعشع را توسط کانوبی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تأیید کرد (جدول ۶). زیرا در کلیه تیمارهای کودی میزان این شاخص بیشتر از یک بود. در این بین، استفاده از کود شیمیایی NPK (۱/۳۷) و استفاده همزمان کود دامی و NPK (۱/۳۷) میزان LER_{PAR} بالاتری نسبت به تیمار کود گاوی (۱/۳۴) و شاهد (۱/۳۳) داشتند (جدول ۶).

اثرهای ساده و متقابل الگوی کاشت و نوع کود بر میزان کل تشعشع جذب شده توسط اسطوخودوس و بابونه معنی دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که به طور کلی میزان تشعشع جذبی در کشت مخلوط به طور قابل توجهی بالاتر از کشت خالص هر دو گیاه اسطوخودوس و بابونه بود (جدول ۶). در همه تیمارهای مورد بررسی، تک کشتی بابونه کمترین میزان جذب تشعشع را داشت. این موضوع به دلیل دوره رشد کوتاه تر بابونه نسبت به اسطوخودوس بود.

در تک کشتی اسطوخودوس، تیمار کودی کود گاوی + NPK بیشترین میزان تشعشع جذبی (۱۲۰۷/۶ مگاژول بر مترمربع) را شامل شد که اختلاف معنی داری با تیمار کودی NPK (۱۱۴۱/۴ مگاژول بر مترمربع) و کود گاوی (۱۱۵۱/۲ مگاژول بر مترمربع) نشان داد (جدول ۶). تیمار عدم کوددهی با جذب ۱۰۹۲/۳ مگاژول بر مترمربع تشعشع کمترین میزان جذب را دارا بود که اختلاف معنی داری با دیگر تیمارهای کودی داشت. دامنه کل تشعشع جذبی برای کشت خالص گیاه بابونه در طول فصل رشد بین حدود ۴۵۰ تا ۵۲۰ مگاژول بر مترمربع متغیر بود که از روندی مشابه با کشت خالص اسطوخودوس برخوردار بود (جدول ۶). در کشت مخلوط دو گیاه استفاده توأم از کود دامی + NPK و پس از آن تیمار NPK به ترتیب با ۱۳۲۱/۹ و ۱۲۸۱/۷ مگاژول بر مترمربع بیشترین تشعشع جذبی را شامل شدند.

جدول ۷- میزان کارایی مصرف نور ($g MJ^{-1}$) در الگوهای مختلف کشت اسطوخودوس و بابونه

تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

شاهد	کود			تیمار
	NPK + کود گاوی	کود گاوی	NPK	
۰/۳۵۹h	۰/۴۷۲g	۰/۴۷۰g	۰/۴۲۴g	خالص اسطوخودوس
۱/۱۲e	۱/۳۷c	۱/۲۴d	۱/۱۸de	خالص بابونه
۰/۴۳۹g	۰/۶۴۳f	۰/۶۲۴f	۰/۴۶۹g	مخلوط اسطوخودوس
۱/۳۴c	۱/۶۳a	۱/۴۸b	۱/۳۶c	مخلوط بابونه

اعداد دارای حروف مشترک، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

کارایی مصرف نور

کارایی مصرف نور به طور معنی داری تحت تأثیر الگوی کاشت، نوع کود و برهم کنش آنها قرار گرفت (جدول ۳). در کلیه تیمارهای مورد بررسی، تجمع ماده خشک اسطوخودوس و بابونه رابطه خطی با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی داشت و در همه موارد ضریب تبیین بالاتر از ۰/۹ بود (داده‌ها نشان داده نشده است). شیب این خط بیانگر کارایی مصرف نور بوده که بین ۰/۳۵۹ تا ۱/۶۳ گرم بر مگاژول متغیر بود (جدول ۷). در بین تیمارهای مورد آزمایش، استفاده از ترکیب کود دامی + NPK در کشت خالص بابونه بالاترین میزان کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم بر مگاژول) را دارا بود (جدول ۷). در کلیه الگوهای کاشت، تیمارهای کودی مورد استفاده سبب افزایش معنی دار کارایی مصرف نور نسبت به تیمار شاهد (عدم کوددهی) شدند (جدول ۷). بیشترین افزایش کارایی مصرف نور در همه الگوهای کاشت برای تیمار استفاده همزمان کود دامی + NPK مشاهده شد. به طوری که کاربرد این تیمار در کشت خالص اسطوخودوس حدود ۳۲٪، در کشت خالص بابونه ۲۲٪، در کشت مخلوط اسطوخودوس ۴۶٪ و در کشت مخلوط بابونه ۲۲٪ کارایی مصرف نور را نسبت به تیمار عدم کوددهی افزایش داد.

در گیاه اسطوخودوس، کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر بود که این اختلاف به استثنای تیمار استفاده از NPK در دیگر تیمارها معنی دار بود (جدول ۷). این افزایش در تیمارهای کود گاوی، کود گاوی + NPK و شاهد به ترتیب حدود ۳۶، ۳۳ و ۲۲ درصد بود. در گیاه بابونه نیز در کلیه تیمارهای کودی کارایی مصرف نور در کشت مخلوط با اختلاف معنی داری بالاتر از تک کشتی این گیاه بود.

بحث

نتایج نشان داد که مجموع شاخص سطح برگ در شرایط کشت مخلوط به طور قابل توجهی بیشتر از کشت خالص دو

گیاه بود (شکل ۱). بنابراین از آنجا که سطح برگ هر گیاه مهمترین اندام رویشی دریافت کننده نور می باشد، می توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مدیریت زراعی مناسب برای افزایش دریافت نور از طریق بهبود سطح برگ می باشد (Yousef Nia *et al.*, 2015). از سوی دیگر، از آنجایی که اسطوخودوس و بابونه دارای ارتفاع و ساختمان کانوبی متفاوتی می باشند، به نظر می رسد کشت مخلوط آنها در کل توانسته است سطح زمین را به خوبی پوشش داده و سطح برگ بالاتری را نسبت به کشت خالص آنها تولید کند. مطالعات نشان داده است که دوره رشد کند دو گیاه در کشت های خالص شرایط مطلوبی را برای ظهور و رشد علف های هرز ایجاد خواهد کرد (Weerarathne *et al.*, 2017)، در حالی که در کشت مخلوط دو گیاه این مشکل به دلیل سایه اندازی کانوبی دو گیاه تا حد زیادی برطرف خواهد شد.

نتایج تحقیق تأیید نمود که استفاده از تیمارهای کودی سبب افزایش معنی دار درصد اسانس، عملکرد ماده خشک و اسانس دو گیاه، عملکرد گل بابونه و شاخص برگ در کلیه الگوهای کشت شد و تیمار استفاده توأم کود گاوی + NPK بهترین شرایط را در همه این صفات دارا بود (شکل ۱). از آنجایی که اضافه کردن نهاده های آلی به ویژه کود دامی و ورمی کمپوست به خاک، به عنوان عامل تغذیه ای و بهبوددهنده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Patra *et al.*, 2000) نقش مؤثری بر رشد اندام های فتوسنتزی (Moradi *et al.*, 2011) و بهبود گسترش ریشه گیاهان دارد، از این رو افزایش قابلیت رشد و به تبع آن بهبود شاخص های کمی و کیفی اسطوخودوس و بابونه در این شرایط قابل توجهی می باشد. همچنین با توجه به اینکه استفاده از این مواد آلی ظرفیت نگهداری آب را در خاک افزایش می دهد و از سوی دیگر، آب عامل مهمی برای رشد و توسعه سلول می باشد (Boyer, 1968)، از این رو افزایش خصوصیات رشدی و عملکردی این دو گیاه دارویی در این شرایط می تواند منطقی باشد. به طور کلی نقش مؤثر کاربرد کود گاوی می تواند به علت فراهمی متعادل عناصر غذایی در

سطح برگ بابونه، زیر کانوبی گیاه دیگر منجر به جذب طول موج‌های انتقال یافته و منعکس شده توسط کانوبی دیگر گیاه شده و این موضوع باعث افزایش جذب نور کانوبی کشت مخلوط نسبت به خالص در تمامی تیمارهای مورد بررسی در طول دوره رشد دو گیاه شد. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که کانوبی مخلوط شرایطی را ایجاد کرده است که تشعشع ورودی در طی فصل رشد به نحو مطلوب‌تری توسط گونه‌ها جذب شود. در واقع خلأ سطح جذب‌کننده نور که در تک‌کشتی وجود داشت، به نحو مطلوبی توسط کانوبی مخلوط بسته شده است. Yousef Nia و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأیید نمودند که جذب نور توسط کانوبی کشت مخلوط نسبت به خالص در تمام نسبت‌های کشت مخلوط شنبلیله و شوید به مراتب بالاتر از تک‌کشتی بود. آنان بیان کردند که به نظر می‌رسد بهبود جذب تشعشع در حالت کشت مخلوط به علت تغییر ساختار کانوبی شنبلیله و شوید و اثرهای مثبت ناشی از حضور این دو گیاه در مجاورت یکدیگر بود. البته افزایش تشعشع جذبی در کشت مخلوط توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Moradi et al., 2017; Naghipoor Dehkordi et al., 2016; Ahmadi et al., 2011; Awal et al., 2006; Zhang et al., 2008; Alizadeh et al., 2010). در همه این موارد استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط یک راهکار اکولوژیک ضروری برای بهبود کارایی جذب و مصرف تشعشع و در نتیجه توسعه پایدار تولید محصولات تأیید شده است. بهبود جذب نسبی تشعشع در تیمارهای کودی مورد استفاده به این معنی است که این تیمارها در کشت مخلوط جذب تشعشع بیشتری نسبت به کشت خالص داشته‌اند و به عبارتی کشت مخلوط سبب بهبود جذب تشعشع شده است. بدیهی است که افزایش میزان مواد غذایی خاک در نتیجه استفاده از منابع مختلف کودی منجر به افزایش رشد و سطح برگ دو گیاه شده که خود باعث بهبود کانوبی و افزایش جذب تشعشع می‌گردد. البته افزایش جذب تشعشع در اثر استفاده از منابع مختلف کودی در مطالعات مختلف تأیید شده است (Razavi et al., 2016; Srivastava et al.,

ناحیه ریزوسفر (Suleiman et al., 2019)، منبع انرژی برای فعالیت هرچه بیشتر باکتری‌های مفید خاک (Mohammadi et al., 2011)، بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی و اسیدیته (Biswas & Narayanasamy, 2006) باشد. بررسی‌ها نشان داده است که بین ماده آلی خاک و عملکرد گیاه همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Munshi, 1994). بررسی تأثیر منابع مختلف نیتروژن بر گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleraceae*) نشان داد که تیمار تلفیق کود دامی + اوره بیشترین سطح برگ را دارا بود (Soltaninejhad et al., 2013). آنان اظهار داشتند که جذب عناصر غذایی در خاک و تأثیر این عناصر بر افزایش رشد رویشی گیاه در نهایت سبب افزایش تعداد و اندازه برگ‌های گیاه شده است. گزارش شده است که استفاده تلفیقی از کود دامی و شیمیایی درصد اسانس بابونه را نسبت به دامی و شیمیایی به ترتیب ۱۶٪ و ۲۹٪ افزایش داد (Abadian et al., 2010).

نتایج تأیید کرد که کشت مخلوط دو گیاه اثر مثبت به‌سزایی در بهبود جذب تشعشع داشت. زیرا در فصل بهار که کانوبی اسطوخودوس رشد کمی داشت و در مرحله رشد کند شاخص سطح برگ بود، گیاه بابونه به حداکثر رشد سطح برگ خود رسیده و توانست با گسترش مناسب کانوبی در کشت مخلوط بیشترین جذب تشعشع را دریافت نماید. میزان تشعشع جذبی در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (شکل ۲). به نحوی که بالاتر بودن جذب تشعشع در کشت مخلوط به دلیل هم‌پوشانی کانوبی دو گیاه در الگوی کشت مخلوط بود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، در فصل بهار که کانوبی اسطوخودوس از پوشش کمی برخوردار بود (شکل ۱)، بابونه توانست سطح زمین را پوشانده و جذب تشعشع را افزایش دهد. بنابراین به نظر می‌رسد به دلیل تفاوت در دوره رشد و ساختار کانوبی اسطوخودوس و بابونه، جذب نور در کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک‌کشتی آنها بهبود یافته است. از سویی مجاورت دو گیاه اسطوخودوس و بابونه در کنار یکدیگر و حضور بابونه در ابتدای دوره رشد و اسطوخودوس در دوره حداکثر رشد

ظرفیت فتوسنتزی و کارایی مصرف نور افزایش یافته و هر چه طول دوره بسته شدن کانویی تا زمان برداشت طولانی‌تر باشد، عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب نیز افزایش خواهد یافت (Rinaldi & Vonella, 2006). همچنین Razavi و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که در تیمار ترکیبی سه کود زیستی + کود گاوی، میزان تشعشع جذب شده بیشتر از تیمار کود شیمیایی اوره بود که شاید دلیل آن را بتوان به اثرهای هم‌افزایی و متقابل کاربرد همزمان کودهای بیولوژیک با کودهای آلی نسبت داد.

نتایج تحقیق تأیید نمود که کشت مخلوط سبب افزایش قابل توجه کارایی مصرف نور نسبت به کشت خالص دو گونه شد (جدول ۷). بنابراین به نظر می‌رسد که بهبود شاخص سطح برگ و ساختار کانویی در تیمارهای کشت مخلوط (بر اثر عواملی همانند بهبود استفاده از منابع توسط گونه‌های موجود در کشت مخلوط و تغییر ساختار فضایی قرار گرفتن برگ‌ها در کانویی) موجب افزایش کارایی مصرف نور در تیمارهای کشت مخلوط شده باشد (Naghipoor Dehkordi et al., 2016). از سوی دیگر، از دلایل افزایش کارایی مصرف نور در تیمارهای کشت مخلوط می‌توان به کاهش رقابت درون گونه‌ای گونه‌ها و همچنین اثرهای مثبت دیگر گونه‌های کشت مخلوط بر آنان اشاره کرد (Zhang et al., 2008). همچنین اعتقاد بر این است که کشت‌های مخلوط بیشتر به دلیل افزایش جذب نور، از طریق افزایش طول دوره جذب نور (شکل ۲) یا در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک (شکل ۱) سبب افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی می‌شوند. در واقع در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانویی تلف می‌شود. مقدار این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته، در نتیجه میزان جذب تشعشع کل نسبت به تک‌کشتی بیشتر می‌شود که این مسئله به تنهایی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گردد، گرچه ممکن است کارایی مصرف نور تحت تأثیر قرار نگرفته و یا حتی در مواردی نیز دچار کاهش گردد (Awal et al., 2006). در کشت خالص،

Moradi و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش نمودند که در کشت مخلوط ذرت و پنبه استفاده از کود نیتروژن باعث افزایش جذب تشعشع شد و تأثیر آن در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که منجر به بهبود جذب نسبی تشعشع در این دو گیاه شد.

نتایج تأیید نمود که در کلیه تیمارهای مورد ارزیابی، میزان کارایی مصرف نور گیاه بابونه به‌طور معنی‌داری بالاتر از اسطوخودوس بود. کارایی مصرف نور بالاتر گیاه بابونه می‌تواند به دلیل دوره رشد کوتاه‌تر این گیاه نسبت به اسطوخودوس باشد. زیرا دوره رشد کوتاه‌تر بابونه سبب شد همان‌طور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، تشعشع جذب شده توسط آن نسبت به اسطوخودوس به میزان قابل توجهی کاهش یافته، در نتیجه نسبت تولید ماده خشک به ازای تشعشع دریافتی افزایش یابد. از سوی دیگر تأیید شده است که در کشت مخلوط غالب بودن یک گونه باعث افزایش رقابت نوری شده و این کار موجب خواهد شد تا کارایی مصرف نور گونه‌ای که در شرایط محدودیت نوری قرار دارد افزایش یابد (Nassiri Mahallati et al., 2010).

کاربرد منابع کودی سبب افزایش معنی‌دار کارایی مصرف نور نسبت به عدم کوددهی شد (جدول ۷). در گزارش‌های دیگر نیز بر تأثیر مثبت عناصر غذایی بر کارایی مصرف نور تأکید شده است. به‌عنوان مثال Akmal و Janssens (۲۰۰۴) کاهش کارایی مصرف نور را در اثر کمبود نیتروژن در گیاه گزارش کردند و این گونه بیان نمودند که در شرایط کمبود نیتروژن افزایش کم نیتروژن بیشترین تأثیر را در افزایش کارایی مصرف نور دارد. نیتروژن یکی از عناصری است که تأثیر بسزایی بر شاخص سطح برگ و به‌تبع آن جذب تشعشع در گیاه دارد، همچنین سرعت رشد گیاه و دوام برگ‌ها نیز بر میزان جذب تشعشع در گیاه تأثیرگذار است (Evans, 1978). Razavi و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که میزان کارایی مصرف نور در تیمارهایی که در آنها کود دامی بکار رفته بود بیشتر از تیمارهای فاقد کود دامی بود که این ممکن است به دلیل بسته شدن سریع‌تر کانویی در اثر این تیمارها باشد. با بسته شدن کانویی،

منابع مورد استفاده

- Abadian, H., Shams, A. and Pirdashti, H., 2010. Effect of chemical, manure and combined fertilizers on the morphological characteristics of three chamomile (*Matricaria chamomile*) ecotypes. National Conference on Medicinal Plants. Rice and Citrus Research Institute, Agricultural Sciences and Natural Resources Faculty, Sari University, 2-4 March.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zahtab Salmasi, S., Amini, R.A., Jan Mohammadi, H. and Nami, F., 2011. Study of light condition in monoculture and intercropping of barley and vetch and its relation to forage yield. Sustainable Agriculture and Production Science, 20(2): 53-65.
- Akmal, M. and Janssens, M.J.J., 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research, 88(2-3): 143-155.
- Alizadeh, Y., Koocheki, A.R. and Nassiri Mahallati, M., 2010. The evaluation of radiation absorption and use efficiency of row intercropping of bean and basil. Journal of Agroecology, 2(1): 85-94.
- Arazmjo, E., Heidari, M. and Ghanbari, A., 2010. Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 12(2): 100-111.
- Awal, M.A., Koshi, H. and Ikeda, T., 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology, 139: 74-83.
- Biswas, D.R. and Narayanasamy, G., 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology, 97(18): 2243-2251.
- Boyer, J.S., 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. Plant Physiology, 43: 1056-1062.
- Ceotto, E. and Castelli, F., 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitation. Field Crops Research, 74: 117-130.
- Clevenger, J.H., 1928. Apparatus for the determination of volatile oil. Journal of the American Pharmaceutical Association, 17(4): 345-349.
- Evans, L.T., 1978. Crop Physiology. Cambridge University Press, 374p.
- Hadipour, A., Hoseini Mazinani, M. and Mehrafarin, A., 2013. Changes in essential oil content/composition and shoot aerial yield of lavender (*Lavandula officinalis* L.) affected by different treatments of nitrogen. Journal of Medicinal Plants, 12: 156-169.

پوشش گیاهی حتی در تراکم‌های مطلوب هم به دلایلی همانند اشباع نوری برگ‌ها و انعکاس نور از سطح آنها (Mostafavi, 2014) نمی‌تواند به‌طور کامل از نور موجود استفاده کند اما در کشت مخلوط، گونه‌های گیاهی با آرایش برگ و ارتفاع متفاوت، موجب جذب بیشتر تابش از نظر کمی و کیفی می‌شوند (Ahmadi *et al.*, 2011). به‌طور کلی، کشت‌های مخلوط به‌دلیل افزایش جذب نور از طریق افزایش طول دوره جذب (برتری زمانی) یا در نتیجه پوشش بیشتر سطح خاک (برتری مکانی) سبب افزایش بهره‌وری سامانه‌های زراعی می‌شوند (Naghipoor Dehkordi *et al.*, 2016). به‌هرحال آنچه که بسیار اهمیت دارد بهبود بهره‌وری تولید در سیستم‌های مخلوط، در ارتباط با نور می‌باشد. به‌طوری‌که بهره‌وری می‌تواند از طریق افزایش جذب تشعشع خورشیدی، کارایی مصرف نور و یا ترکیبی از هر دو را بهبود دهد (Moradi *et al.*, 2017).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت نتایج نشان داد که کشت مخلوط دو گیاه اثر مثبت قابل توجهی در بهبود جذب و کارایی مصرف تشعشع داشت. زیرا در فصل بهار که کانوپی اسطوخودوس رشد کمی داشت و در مرحله رشد کند شاخص سطح برگ بود، گیاه بابونه به حداکثر رشد سطح برگ خود رسیده و توانست با گسترش مناسب کانوپی در کشت مخلوط بیشترین جذب تشعشع را دریافت نماید. بررسی جذب نسبی و LER_{PAR} تشعشع نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی مورد استفاده، جذب تشعشع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری معنی‌داری داشت. از بین تیمارهای مورد بررسی نیز بیشترین درصد اسانس بابونه (۵۶٪) و اسطوخودوس (۸۰٪)، جذب (۱۳۲۱/۹ مگاژول در مترمربع) و کارایی مصرف نور (۱/۶۳ گرم ماده خشک به ازای مگاژول تشعشع) در تیمار استفاده توأم کود گاوی و NPK مشاهده شد. بنابراین می‌توان این کشت مخلوط را برای سال اول و دوم رشد اسطوخودوس توصیه نمود. از این رو توصیه می‌شود در تحقیقات آینده، این آزمایش برای سال دوم کشت اسطوخودوس نیز مورد بررسی قرار گیرد.

- Omidbeigi, R., 2006. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 3). Beh Nashr Publication, Mashhad, 397p.
- Patra, D.D., Anwar, M. and Chand, S., 2000. Integrated nutrient management and waste recycling for restoring soil fertility and productivity in Japanese and mustard sequence in Uttar Pradesh, India. Agriculture, Ecosystem and Environment, 80: 267-275.
- Rahimi-Kalamroodi, H., 2017. Botany, planting diploid and tetraploid species of chamomile and study of essential oil composition and comparison of samples in Iran. Ph.D Thesis in Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Isfahan University of Medical Sciences.
- Razavi, S.A.R., Jahan, M., Nassiri Mahallati, M. and Haj Mohammadnia Ghalibaf, K., 2016. Radiation absorption and use efficiency of common mallow (*Malva sylvestris* L.) affected by different sources of organic, biological and chemical fertilizers and intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 136-149.
- Rezaei, A., Feizi, H. and Moradi, R., 2019. Response of quantitative and qualitative characteristics of Saffron flower to the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources. Saffron Agronomy & Technology, 7: 3-25.
- Rinaldi, M. and Vonella, A.V., 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in southern Italy: water and radiation use efficiency. Field Crops Research, 95: 103-114.
- Soltaninejad, F., Fallah, S. and Heidari, M., 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Electronic Journal of Crop Production, 6(3): 125-143.
- Srivastava, A.K., Mboh, C.M., Gaiser, T., Kuhn, A., Ermias, E. and Ewert, F., 2019. Effect of mineral fertilizer on rain water and radiation use efficiencies for maize yield and stover biomass productivity in Ethiopia. Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development, 168: 88-100.
- Suleiman, A.K.A., Harkes, P., Elsen, S., Holterman, M., Korthals, G.W., Helder, J. and Kuramae, E.E., 2019. Organic amendment strengthens interkingdom associations in the soil and rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare*). Science of the Total Environment, 695: 133885.
- Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y., 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. Agricultural Science and Sustainable Production, 25: 61-78.
- Jafarnia, S., Safeikhoram, M., Khoshghamat, S., Sabet Teymuri, M. and Sabet, G., 2011. Comprehensive and Illustrated Guide to Herbal Pharmacy. Sokhan Gostar Publications, 548p.
- Keating, B.A. and Carberry, P.S., 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. Field Crops Research, 34: 273-301.
- Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., Ramezanpour, S.S., Hadian, J. and Atashi, S., 2016. The effect of drought stress on the growth, essential oil yield and chemical composition of Lavender. Journal of Crops Improvement, 17: 979-988.
- Libster, M., 2008. Delmar's Integrative Herb Guide for Nurses. Oxford University Press, 408p.
- Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G., Besharati, H. and Fotovvat, A., 2011. Effect of thiobacillus and Aspergillus on availability of phosphorus from enriched phosphate soil with sulfur and vermicompost. Iranian Journal of Water and Soil, 24: 1-9.
- Moradi, R., Koocheki, A. and Nasiri Mahallati, M., 2017. Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of nitrogen. Journal of Crop Production and Processing, 7: 47-59.
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M. and Nezhadali, A., 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). Spanish Journal of Agricultural Research, 9(2): 546-553.
- Mostafavi, M.J., 2014. The effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad climate condition. M.Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Munshi, A.M., 1994. Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron under rainfed condition. Indian Journal of Arecanut Spices and Medicinal Plants, 18: 24-44.
- Naghipoor Dehkordi, P., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Khorramdel, S., 2016. Study of the light absorption and utilization in monoculture and intercropping of three medicinal plants of black cumin (*Nigella sativa* L.), Marigold (*Calendula officinalis* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(2): 323-340.
- NASA., 2019. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Jahan, M., 2010. Radiation interception and use efficiency in delay intercropping of wheat and maize. Iranian Field Crop Researches, 8: 878-890.

- containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Yousef Nia, M., Banayan Aval, M. and Khorramdel, S., 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, 7: 412-424.
 - Zhang, L., Vanderwerf, W., Bastiaans, L., Zhang, S. and Spiertz, J.H., 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research*, 107: 29-42.
 - Tonutti, I. and Liddle, P., 2010. Aromatic plants in alcoholic beverages. *Flavour and Fragrance Journal*, 25: 341-350.
 - Tsubo, M., Walker, S. and Ogindo, H.O., 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. *Field Crops Research*, 93:10-22.
 - Weeraratne, L.V.Y., Marambe, B. and Chauhan, B.B., 2017. Intercropping as an effective component of integrated weed management in tropical root and tuber crops: A review. *Crop Protection*, 95: 89-100.
 - Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H., 2004. Effect of bio fertilizer

Study on the radiation use efficiency and quantitative and qualitative yield in lavender and chamomile additive intercropping under the influence of cow manure and chemical fertilizer

M. Naghizadeh^{1*} and R. Moradi²

1*- Corresponding author, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, E-mail: naghizadeh@uk.ac.ir

2- Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: June 2020

Revised: October 2020

Accepted: November 2020

Abstract

This study was conducted to investigate the potential of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) additive intercropping to improve the radiation use efficiency as a factorial based on the randomized complete block design with three replications at the research farm of Bardsir Agricultural Faculty, Shahid Bahonar University of Kerman, in 2018-2019 crop year. The experimental treatments included the fertilizer at four levels (1- Control, 2- NPK: 69-46-25 kg ha⁻¹, 3- Cow manure: 20 t ha⁻¹, and 4- Combination the half values of NPK and cow manure) and the planting pattern at three levels (1- Sole cropping of lavender, 2- Sole cropping of chamomile, and 3- Additive intercropping of lavender (main plant) and chamomile (associated plant)). The results showed that the total leaf area index of the two plants in intercropping was significantly higher than the sole cropping of them. The combined application of cow manure + NPK caused the highest lavender dry matter (DM) (868 kg ha⁻¹), chamomile flower yield (366 kg ha⁻¹), essential oil percentage of chamomile (0.56%) and lavender (0.80%), and radiation interception (1321 MJ m⁻²) in all the planting patterns. There was no significant difference between the planting patterns in terms of essential oil percentage. Due to the canopy overlap of the two plants in the intercropping, the value of photosynthetic active radiation (PAR) intercepted during the growing season in the intercropping treatment was higher than the sole cropping of both plants. The land equivalent ratio (LER) in terms of PAR (LER_{PAR}) varied between 1.33 and 1.37 in fertilizer treatments. The highest radiation use efficiency (1.63 g DM MJ⁻¹ radiation) was obtained for chamomile in the intercropping at the cow manure + NPK treatment. In general, the results illustrated that the application of cow manure + NPK treatment and intercropping of lavender and chamomile could be an appropriate approach for more efficient radiation use and improving the quantitative and qualitative yield of the two plants.

Keywords: Photosynthetic active radiation, land equivalent ratio, relative intercept, leaf area index.